RUB

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

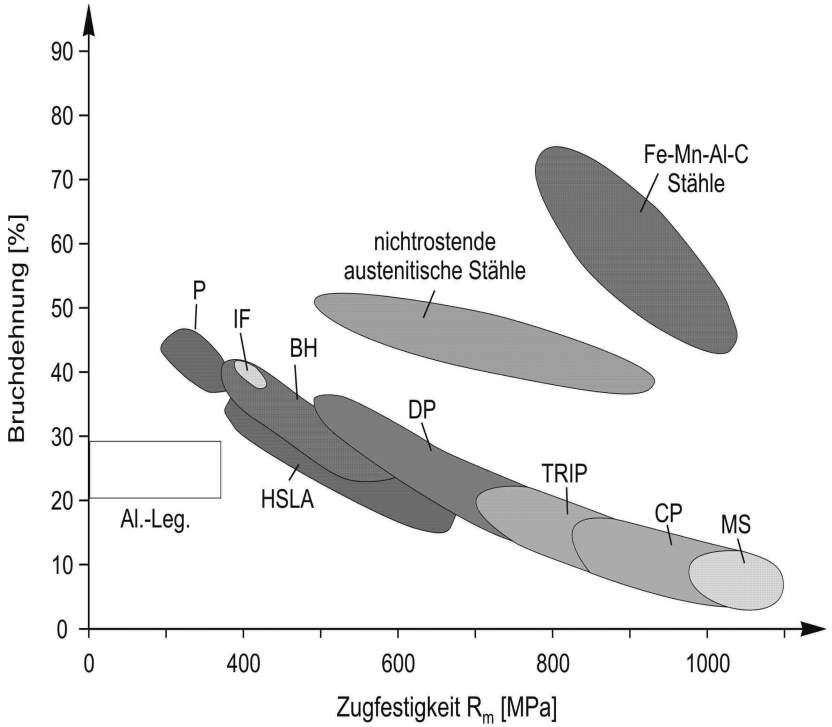
ADVANCED MATERIALS PROCESSING AND MICROFABRICATION

Simulation des IK-Glühens (am Beispiel eines DP-Stahls)

Struktur

1. Einleitung / Wiederholung: DP-Stahl
2. Beispiel für „Uphill-Diffusion“: C-Diffusion // „Darken“-Experiment
3. Calphad: Gleichgewichtszustand DP-Stahl
4. Diffusionsrechnungen für DP-Warmband
5. Diskussion: Unterschiede bei DP-Kaltband
6. Zusammenfassung
7. ANHANG: Bedienung der Software ThermoCalc

Einordnung höherfester schweißgeeigneter Stähle



Im Vergleich zu austenitischen Stählen und Aluminiumlegierungen:

- P = phosphorlegiert
- IF = interstitial free
- HSLA = high strength, low alloy
- BH = bake hardening
- DP = dual phase
- TRIP = transition induced plasticity
- CP = Complexphasen
- MS = Martensitphasen

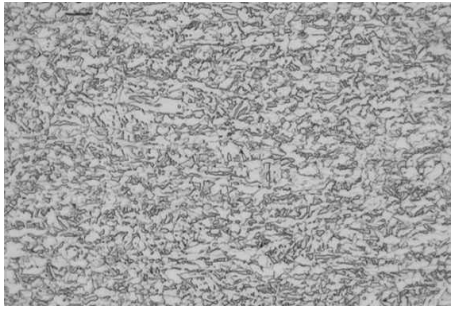
(nach U. Brüx und G. Frommeyer).

Quelle: Eisenwerkstoffe: Berns, Theisen 2008

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

Dualphasenstähle

Stahlsorte		Chemische Zusammensetzung Massenanteile in %											Bruch-dehnung A80 %
	TKS	C max.	Mn max.	Si max	P max.	S max.	Al max.	Cr+ Mo	Streckgrenze $R_{p0,2}$ MPa min.	Streckgrenze $R_{p0,2}$ MPa max.	Zugfestigkeit R_m MPa min.	Zugfestigkeit R_m MPa max.	
HCT500X	DP500	0,14	2,0	0,15	0,08	0,015	0,015	1,0	290	360	500		25
HCT600X	DP600	0,14	2,0	0,15	0,08	0,015	0,015	1,0	330	400	600		20



- Ferritische Matrix mit eingelagerten Martensitinseln
- Gute Umformeigenschaften im höheren Festigkeitsniveau
- günstiges Rückfederungsverhalten
- hohes Verfestigungs- und Energieabsorptionsvermögen

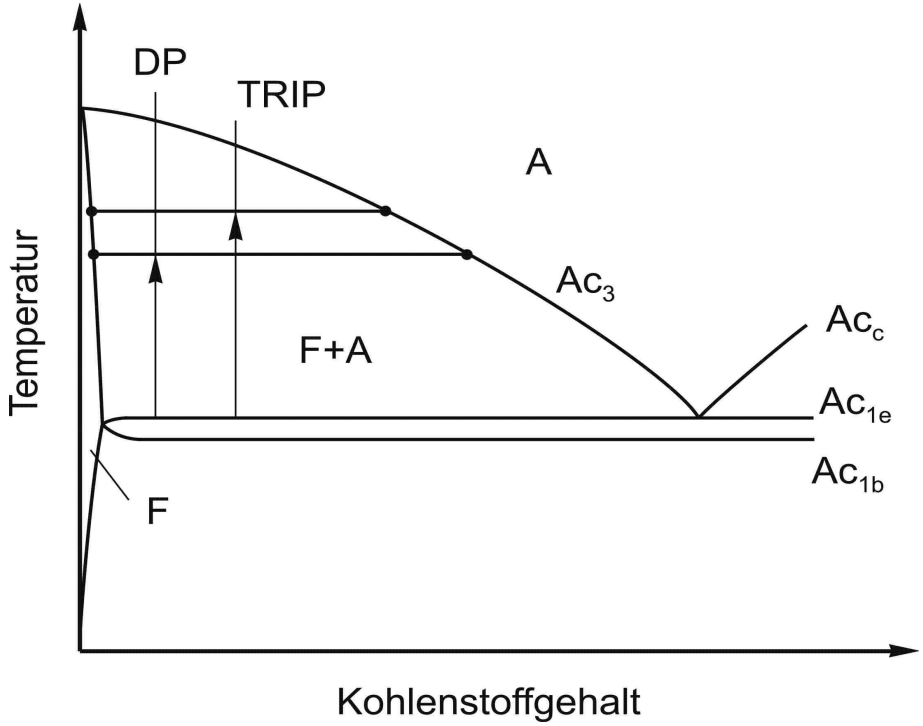


- crashrelevante Teile,
- festigkeitsrelevante Teile

Quelle: ThyssenKrupp Stahl

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

Interkritische Gefügeeinstellung



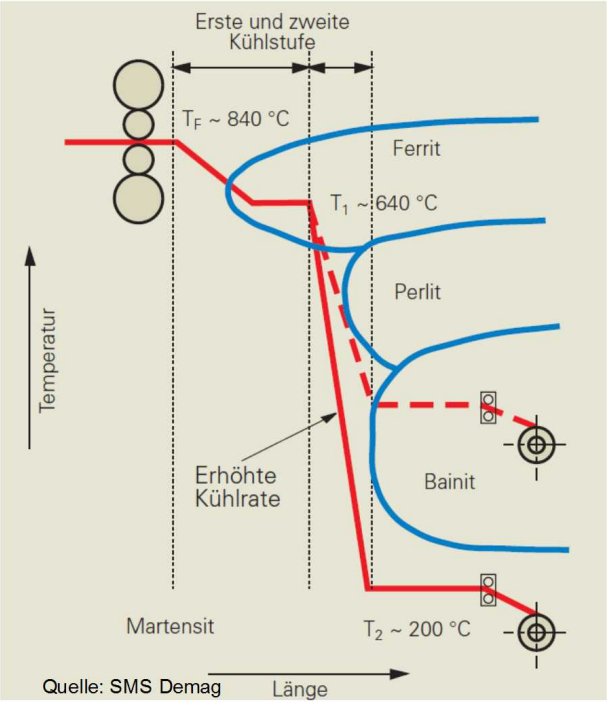
Interkritische Gefügeeinstellung (schematisch):

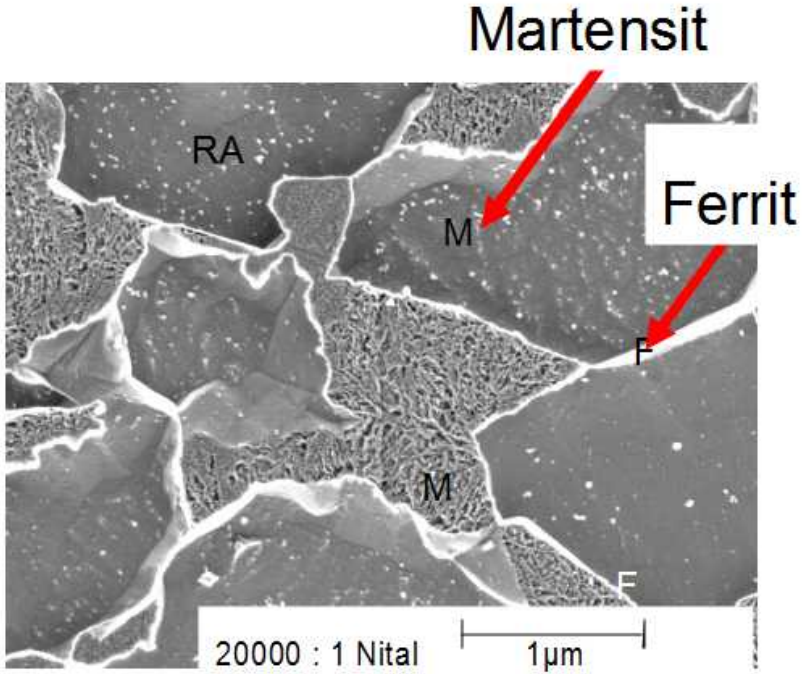
- Durch Halten im Zweiphasengebiet stellen sich nach dem Hebelgesetz gleichgewichtsnahe Anteile von Ferrit und Austenit ein, deren Menge durch Legierungsgehalt und Temperatur variiert werden kann.
- In einem Dualphasenstahl mit ≈ 0.1% C soll während der IK-Glühung überwiegend Ferrit entstehen, in einem TRIP-Stahl mit ≈ 0.2 C nur zur Hälfte.
- Da im Ferrit wenig Kohlenstoff gelöst wird, reichert dieser sich im Austenit an.

Quelle: Eisenwerkstoffe: Berns, Theisen 2008

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

Herstellung eines warmgewalzten Dualphasenstahles



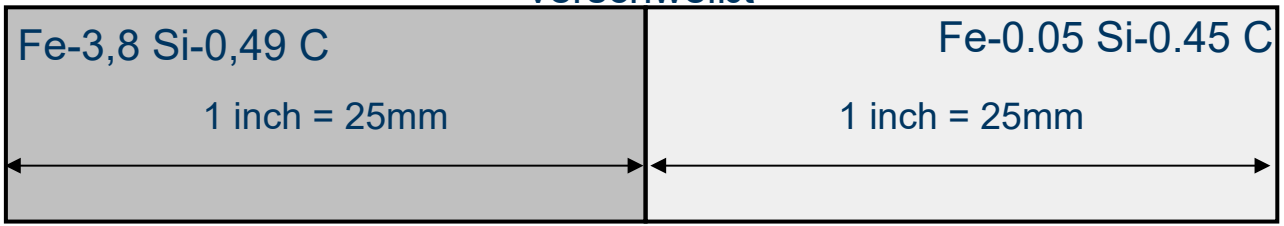


Quelle: ThyssenKrupp Stahl

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

C-Diffusion und Darken-Experiment

verschweißt



Wärmebehandlung: 13 Tage. 1050°C

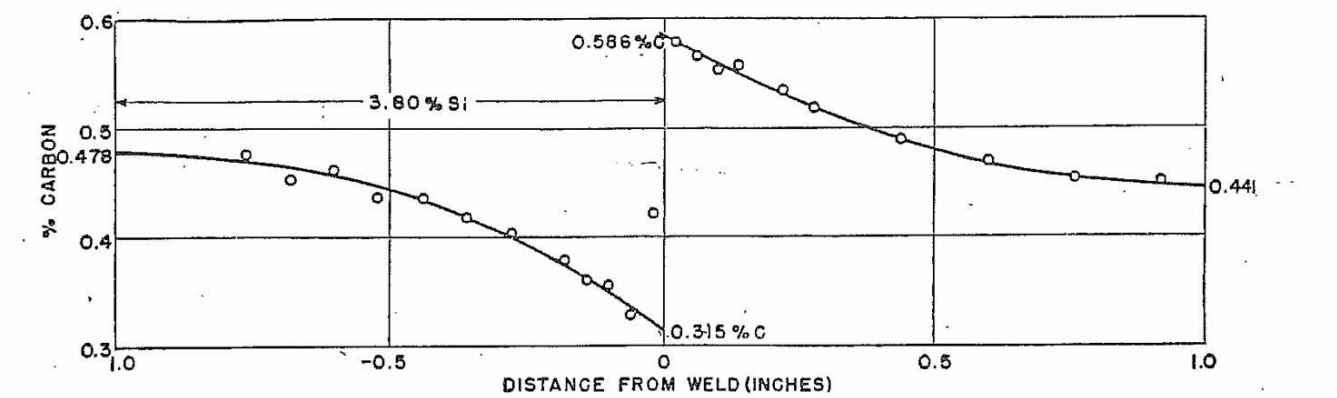
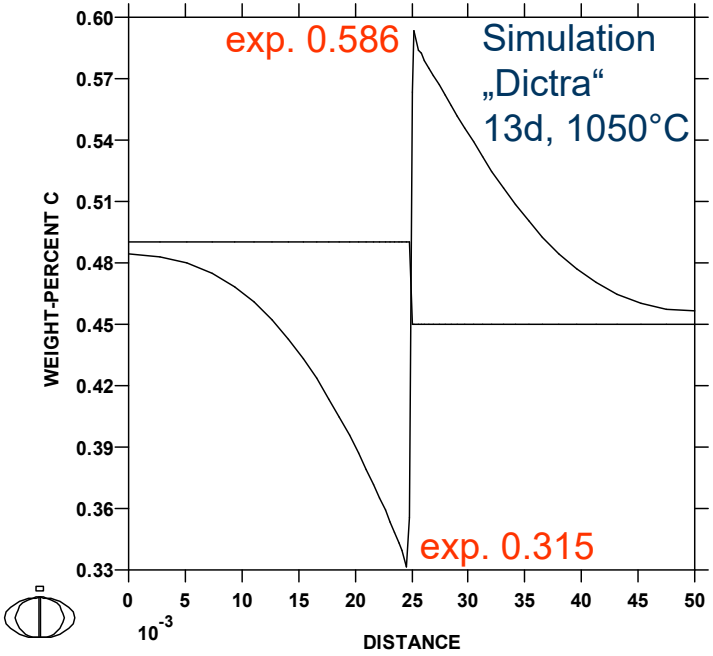
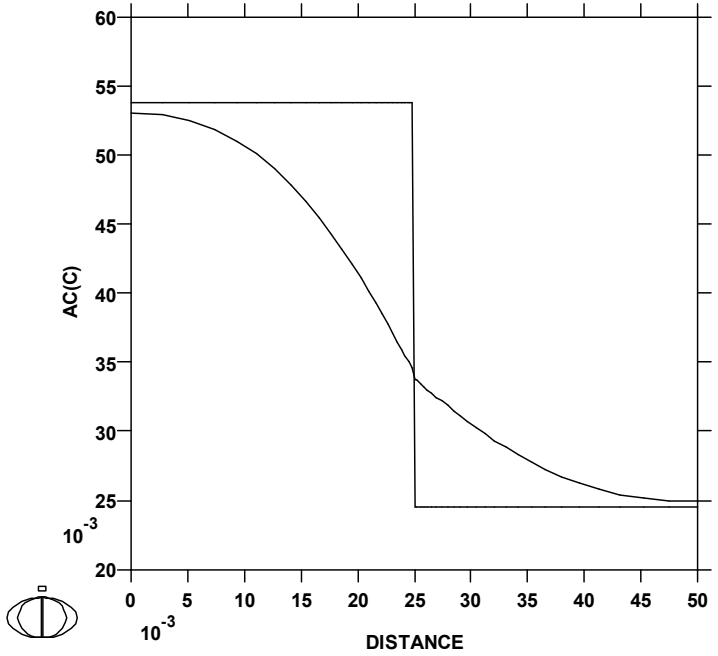


FIG 2—CARBON DISTRIBUTION IN WELDED SPECIMEN NO. 2 AFTER 13 DAYS AT 1050°C.

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

C-Diffusion und Darken-Experiment



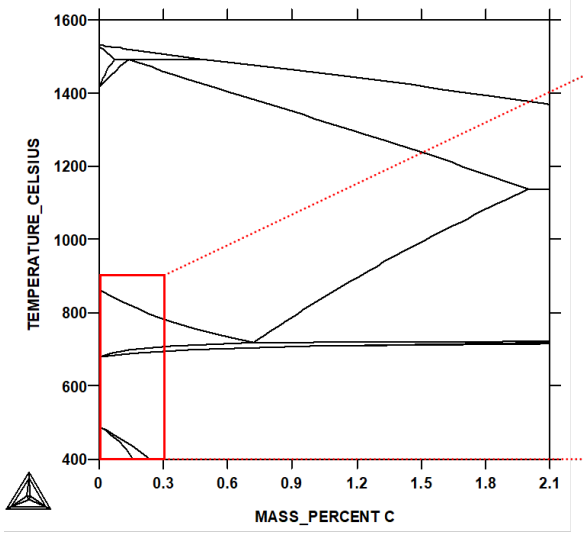


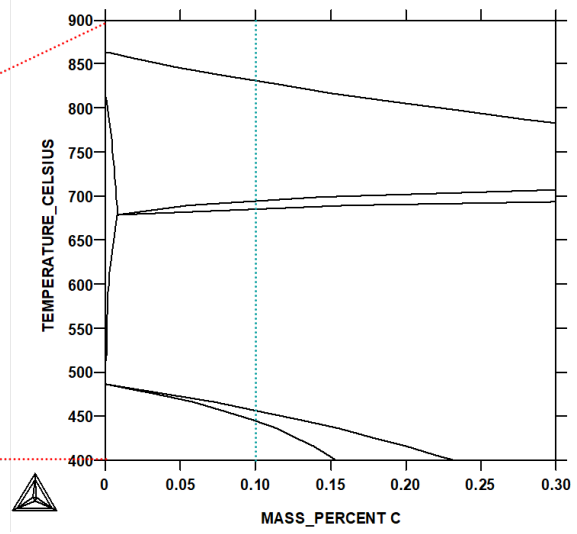
C-Diffusion wird kontrolliert durch Si bzw. daraus resultierende C-Aktivität
Stichwort: „Uphill“ Diffusion => Vorgang, der oft auftritt !

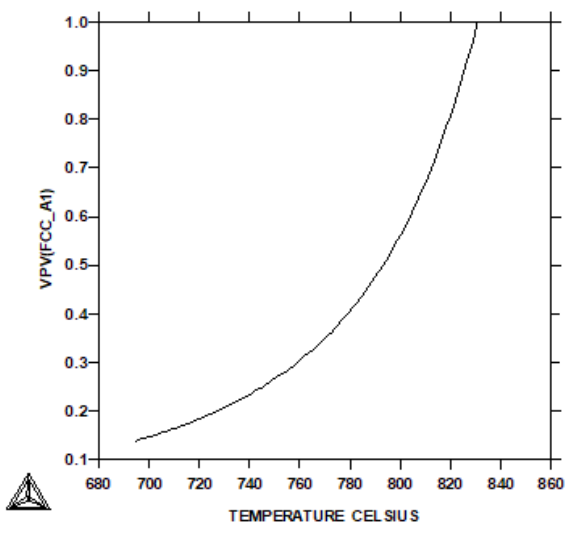
RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

Gleichgewichtszustand DP-Stahl

	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr+Mo	Fe
HCT600X	< 0.15	<0.15	<1.5	<0.05	<0.01	<0.06	<0.9	Rest
Simulation	0.1	0.1	1.25	0	0	0	0	Rest

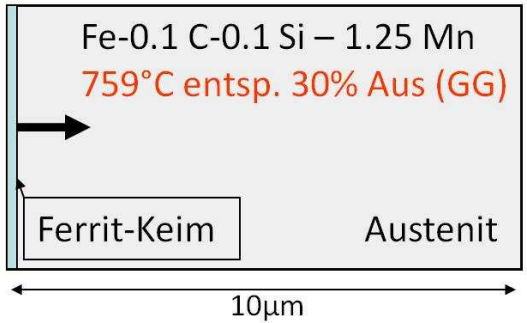


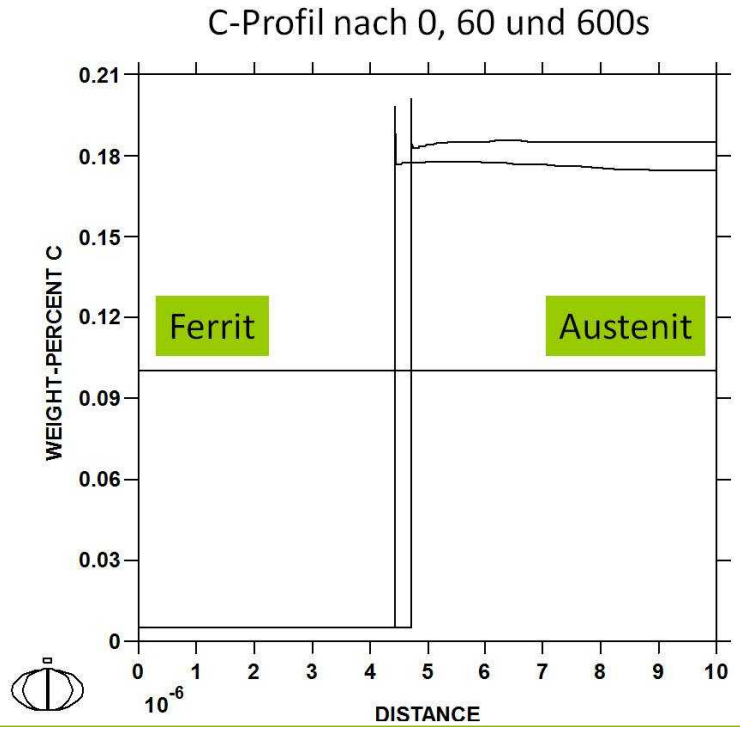




RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

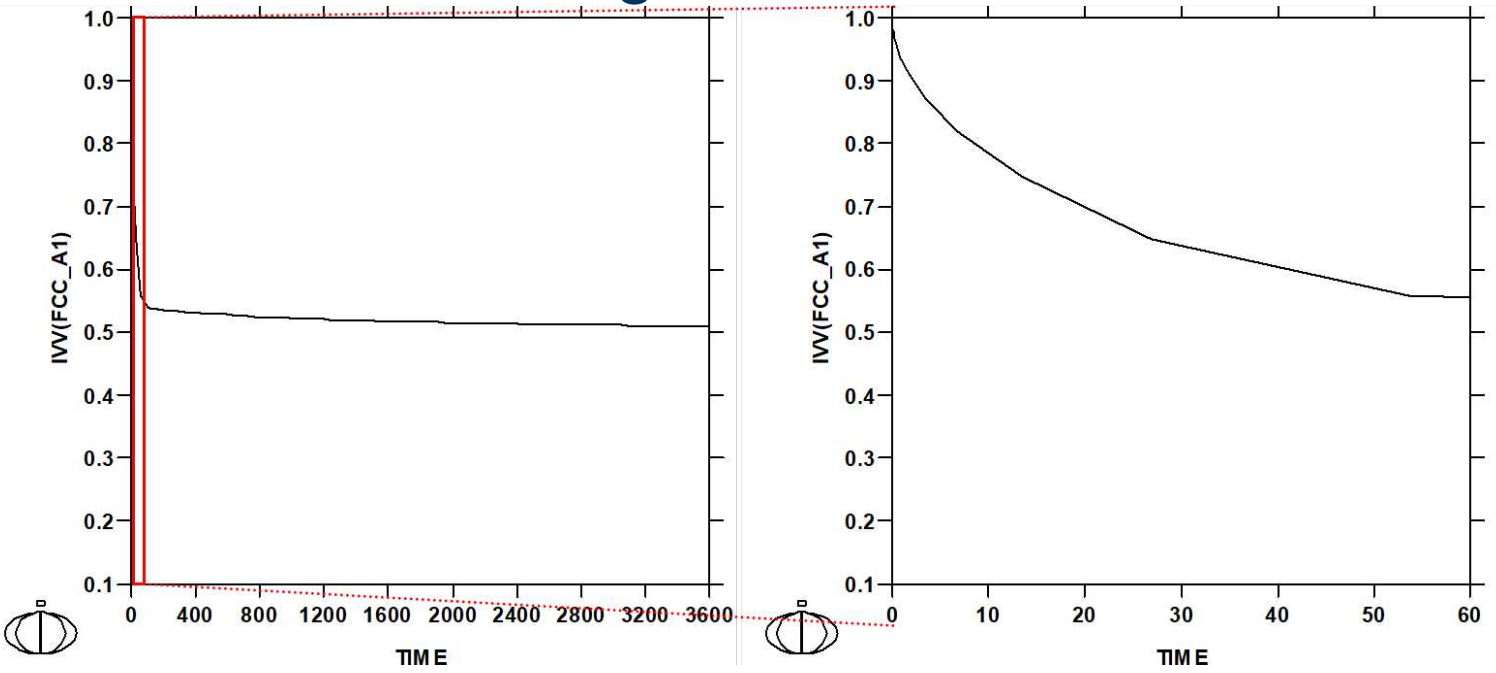
Diffusionsrechnungen für DP-Warmbad





RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

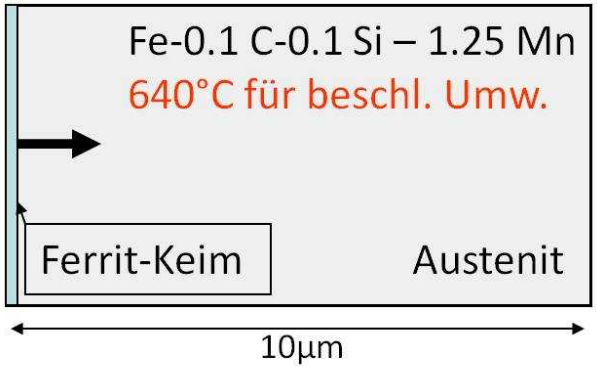
Diffusionsrechnungen für DP-Warmbad

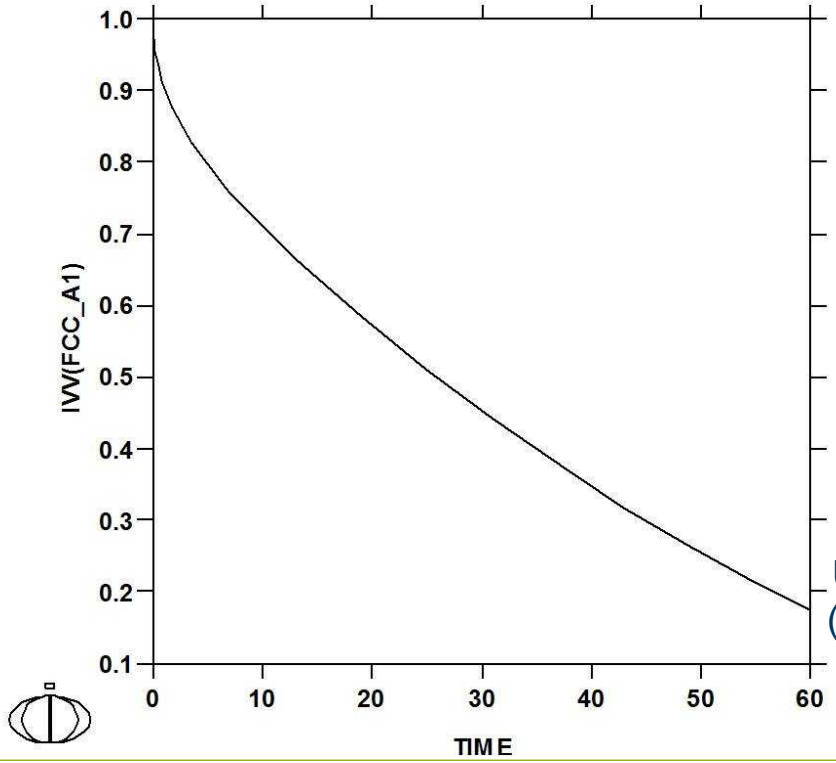


Volumenanteil FCC bei
isothermer Umwandlung, 759°C

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

Diffusionsrechnungen für DP-Warmbad

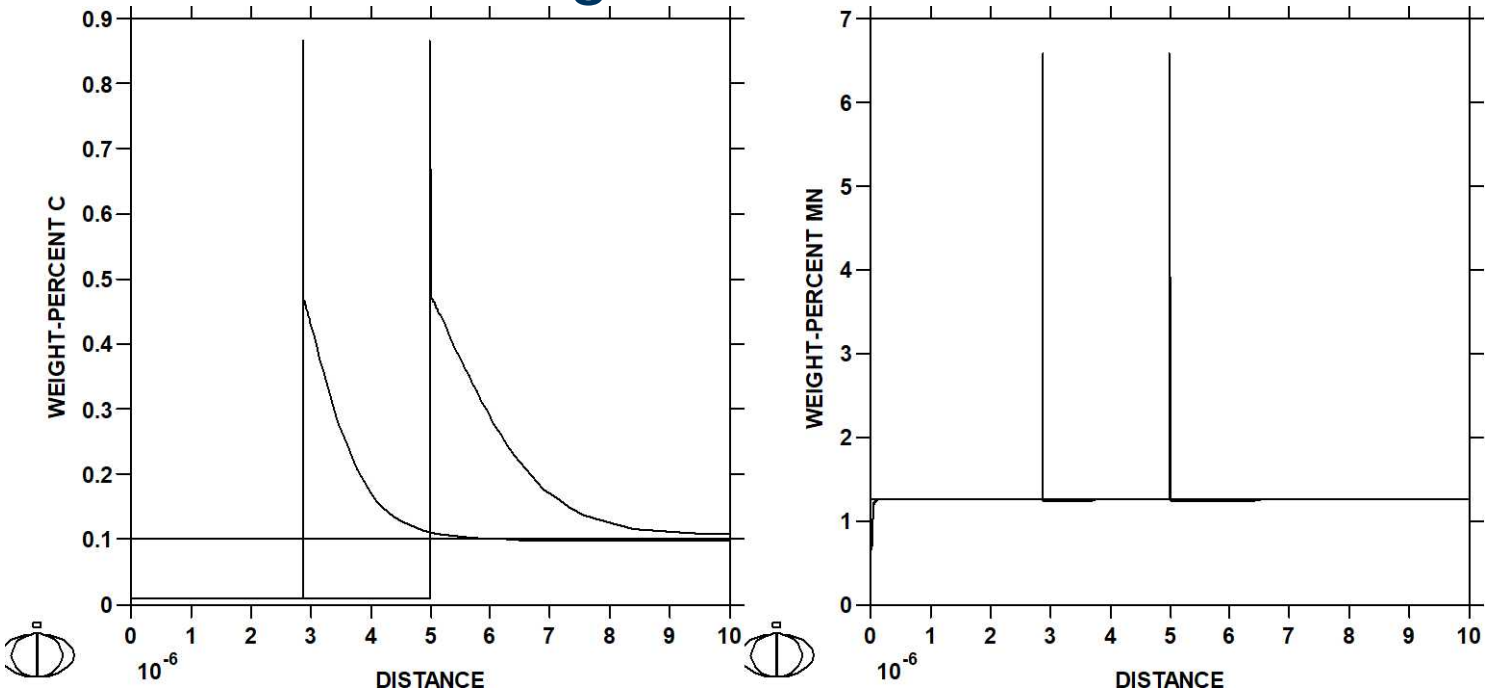




Volumenanteil FCC bei isothermer Umwandlung, 640°C (Karbidb. ausgeschl.)

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

Diffusionsrechnungen für DP-Warmbad



C- und Mn-Elementprofile bei isothermer Umwandlung (640°C) nach 0, 10 und 30 Sekunden

RUHR UNIVERSITÄT BOCHUM RUB

Unterschiede bei DP-Kaltband

- alpha-gamma statt gamma-alpha Umwandlung (IK-Glühung)
- Das ZTA-Verhalten ist relevant, da der Ausgangszustand überwiegend ferritisch vorliegt
- Abhängig vom C-Gehalt => Gefüge aus Ferrit + Karbiden bei RT
- Kinetik der Karbid-Auflösung muss während des IK-Glühens berücksichtigt werden, um einen 2-phasigen $\alpha+\gamma$-Zustand zu erhalten
- *Aufgabe: Diskutieren Sie die Unterschiede zwischen der Warm- und Kaltbandfertigung am Beispiel der Herstellung von TRIP-Stahl!*

Zusammenfassung

- Entscheidend für (gerichete) Diffusion ist nicht der Gradient der Konzentration, sondern des chemischen Potentials

  => Erklärung für “Uphill”-Diffusion
- Interkritisches Glühen von DP-Stahl erfolgt im Zweiphasenfeld α - γ
- Die Umwandlung (IK-Glühen Warmband) bei Gleichgewichts-Temperatur nicht schnell genug für eine industrielle Produktion
- Umwandlung bei tieferer Temperatur => größere Unterkühlung
- Beweglich ist im technischen Prozess im Wesentlichen C, nicht jedoch die substituierten Elemente (Si, Mn etc.)
- Gleichgewichtseinstellung auch abhängig von mikrostrukturellen Dimensionen (kurze Diffusionswege führen zu beschl. GG-Einstellung)

Überprüfungsfragen

1. Nennen Sie eine typische Zusammensetzung von TRIP und TWIP Stahl.
2. Welches Gefüge weisen diese Stähle vor einer Umformung auf ?
3. Welche Gefügebestandteile weist ein DP-Stahl auf ?
4. Vergleichen Sie die Fertigung von DP als Kalt- und Warmband.
5. Wieso hilft einem bei DP-Stahl die Berechnung des Gleichgewichts-Gehaltes an gamma und alpha für das IK-Glühen nicht weiter?
6. Auf welche Weise erhält man in kurzer Zeit hohe Gehalte an alpha bei der IK-Glühung von DP-Stahl?
7. Was verstehen Sie unter „Uphill-Diffusion“?
8. Wie ließe sich eine gleichmäßige Verteilung aller enthaltenen Legierungselemente (interst. / subst.) während des IK-Glühens erzielen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
und Ihre Mitarbeit !

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Weber
Fakultät für Maschinenbau
Lehrstuhl Werkstofftechnik
Universitätsstr. 150, IC 03-319
D-44801 Bochum